

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 55142-2012 Испытания сварных соединений листов и труб из термопластов. Методы испытания.
2. ГОСТ Р Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Полиэтилен (ПЭ). Часть 2. Трубы .
3. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург.2008.-1040с
4. Мандров Б.И., Попова А.А. Технологическая оснастка и механическое оборудование сварочного производства: учебное пособие для студентов направления 15.03.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ», направленность (профиль) «Оборудование и технология сварочного производства». - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. - 194 с.
5. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов.

СВЕРЛЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКА

Ю.А. Богдашкина, студентка группы 10А61,

научный руководитель: Сапрыкина Н.А., доцент, к.т.н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: bogdashkinayuli@gmail.com

Аннотация: Композиты, армированные углеродным волокном, находят широкое применение в высокотехнологичных отраслях промышленности, таких, как автомобильная и аэрокосмическая, за счет превосходных специфических механических свойств. Преимуществами углепластиков являются: высокая прочность при относительно небольшой массе (удельная прочность), жесткость, относительно низкая плотность, высокая демпфирующая способность, хорошая стабильность размеров и коррозионная стойкость. В статье представлены рекомендации по выбору режущего инструмента, применяемого для сверления полимерных композитов, армированных углеродным волокном.

Ключевые слова: композиты, углепластик, режущие инструменты, сверление.

Полимерные композиционные материалы, армированные углеродным волокном, представляют собой превосходный конструкционный композиционный материал в состав которого входят два основных компонента: высокопрочные углеродные волокна диаметром около 8 мкм, а также гибкий и прочный матричный материал. Затраты на производство углеродных волокон и композитов из углепластика чрезвычайно высоки, несмотря на это, углепластики широко используются в высокотехнологичных отраслях промышленности, таких, как автомобильная, аэрокосмическая, морская промышленность, гражданское строительство, применяется для создания ветряных турбин, спортивного оборудования и в робототехнике. В дополнение к уникальным физическим и механическим свойствам композитам из углепластика свойственны относительно низкая плотность, высокая демпфирующая способность, хорошая стабильность размеров и коррозионной стойкостью [1, 2].

Производители пытаются изготавливать детали из углепластика с помощью формования, вакуума и использования методов ламинирования. Тем не менее, обработка этих материалов необходима для обеспечения точности размеров, получения сложных поверхностей, трудно получаемых формованием, обработки торцевых поверхностей ламинированных композитов или сверления отверстий. Сверление отверстий и обработка торцевых поверхностей являются наиболее востребованными операциями обработки, которые проанализированы в данной статье.

Механическая обработка углепластика из-за его неоднородности и анизотропности свойств осложняется сильным абразивным износом режущего инструмента. Наиболее частыми геометрическими повреждениями обрабатываемых деталей, связанными с характеристиками, являются расслоение, вытягивание и разрезание волокон, микротрещины, шероховатость поверхности и прожигание матрицы. На такие повреждения, в основном влияет геометрия применяемых режущих инструментов и режимы резания. Использование обычных режущих инструментов не является лучшим решением с точки зрения стоимости и качества получаемой поверхности. Тем не менее, многие исследователи пытаются подобрать режимы для традиционных инструментов. В последнее время производители

и исследователи режущего инструмента разработали широкий спектр инструментов со специальной геометрией для обработки углепластика [3].

В статье представлен обзор требований к сверлильным инструментам, применяемыми для обработки полимерных композиционных материалов, армированных углеродным волокном.

При анализе обрабатываемости углепластика исследуются главным образом: силы резания, действующие на режущий инструмент и ламинированные слои, крутящий момент, параметры шероховатости обработанной поверхности (для аэрокосмической отрасли Ra меньше 4,5 мкм), деламинация (меньше 1 мм от диаметра отверстия), отсутствие сколов (рваных волокон в отверстии), характеристики изогнутых волокон и износ инструмента [4]. В значительной степени на вышеперечисленные параметры оптимизации влияют обычные факторы, такие как скорость резания, величина подачи, глубина резания, материал обрабатываемой детали, геометрия режущего инструмента, охлаждение и т.д. Однако неоднородность и анизотропия углепластика не могут быть проанализированы с использованием этих традиционных факторов. По этой причине исследователи определили новые параметры для анализа влияния направлений волокон в используемых материалах. Новыми факторами являются угол резания и ориентация волокон. В случае ортогонального резания однонаправленных композитных материалов с полимерным волокном угол резания можно определить как угол между вектором скорости резания и направлением армирующих волокон, этот фактор является постоянным во время ортогонального резания. Однако в случае сверления, фрезерования один и тот же фактор чередуется в соответствии с функцией вращения режущего инструмента, эффекты отслаивания и выталкивания появляются на входе и выходе инструмента из отверстий.

Основываясь на общедоступной информации, предоставленной производителями инструментов, сделан обзор требований, связанных с сверлильными инструментами, используемыми для обработки полимерных композиционных материалов, армированных углеродным волокном. Для реализации эффективной обработки углепластика необходим сбор и перечисление особых требований, касающихся сверлильных инструментов, с целью облегчения выбора правильного инструмента для данного процесса обработки. Некоторые из этих требований фактически противоречат друг другу, но все они должны учитываться при выборе правильного инструмента для определенной операции [5]:

1. Ламинированные слои углепластика не должны расслаиваться в процессе механической обработки. Известно, что осевая составляющая силы резания оказывает значительное влияние на расслоение, поэтому ее необходимо уменьшить. Если значение силы резания достигает критического уровня, слои могут отделяться друг от друга, поэтому необходимо контролировать соответствующий процесс. С точки зрения геометрии режущего инструмента, сила резания может быть снижена путем уменьшения угла при вершине и увеличении переднего угла сверлильного инструмента, что особенно важно при обработке тонкостенных деталей. Кроме того, более острая режущая кромка вызывает меньшую силу резания, таким образом, сверла без покрытия или сверла с тонким покрытием рекомендуются для использования.
2. Режущая кромка должна правильно разрезать не только волокна, но и материал матрицы, она должна быть заостренной, чтобы снизить пластическую деформацию волокон и материала матрицы. Характеристики микроструктуры существенно влияют на остроту кромки инструмента: в случае неправильной геометрии инструмента режущий инструмент изгибает волокна, и, следовательно, волокна изгибаются вместо резки. Таким образом, необработанные волокна могут появиться на обработанных кромках.
3. Режущая кромка должна обладать хорошей износостойкостью. Как хорошо известно, при обработке полимерных композиционных материалов, армированных углеродным волокном режущий инструмент подвержен очень сильному абразивному износу режущих кромок. Поэтому традиционные материалы режущего инструмента не рекомендуются для использования. Для обработки этого материала лучше применять инструмент из твердого сплава. Обзор показал, что тонкое алмазное покрытие эффективно увеличивает срок службы инструмента.
4. Угол при вершине сверлильного инструмента должен быть как можно меньше, чтобы снизить появление необрезанных волокон на входе и выходе инструмента из отверстий.
5. Необходимо минимизировать площадь механического контакта при обработке. Теплопроводность углепластика намного ниже, чем у металлов, а высокие температуры резания могут вызывать ожог матрицы на обработанных поверхностях. По этой причине тепловая нагрузка материалов матрицы должна быть снижена. Для понижения площади контакта необходимо умень-

шить диаметр хвостовика сверла: диаметр должен быть меньше номинального рабочего диаметра сверла. Кроме того, тепловая нагрузка на режущий инструмент также может быть уменьшена путем увеличения зазора. В то время как режущая кромка удаляет стружку, полученная обработанная поверхность отскакивает из-за пластической деформации. Если угол зазора меньше, то оставшийся материал подвергается более интенсивному контакту с поверхностью зазора режущего инструмента, что вызывает трение. Высокое трение вызывает большую тепловую нагрузку как на инструмент, так и на обрабатываемый материал. Наконец, следует также упомянуть, что температура резания может быть уменьшена либо за счет уменьшения радиуса режущей кромки (меньший радиус режущей кромки вызывает меньшую зону пластической деформации), либо путем нанесения алмазных покрытий (что вызывает более низкое трение).

Как правило, все вышеперечисленные требования не могут быть выполнены одновременно из-за того, что некоторые из этих требований противопоставляются другим (например, острая режущая кромка и покрытия). Тем не менее, все вышеперечисленные требования должны быть подробно проанализированы, чтобы найти правильную технологию сверления отверстий полимерных композиционных материалов, армированных углеродным волокном. В будущем больше внимания будет уделяться анализу и оптимизации обработки с помощью ультразвука. Предполагается, что это решение приведет к сокращению времени обработки, а также к повышению надежности и эффективности.

Список используемых источников:

1. Vigneshwaran S, Uthayakumar M, Arumugaprabu V. Review on machinability of fiber reinforced polymers: a drilling approach. *Silicon* 2018;10(5):2295–305.
2. Krishnaraj V, Zitoun R, Davim JP. Drilling of polymer-matrix composites. Berlin, Heidelberg: Springer, Berlin Heidelberg; 2013.
3. Melentiev R, Priarone PC, Robiglio M, Settineri L. Effects of tool geometry and process parameters on delamination in CFRP drilling: an overview. *Proc CIRP* 2016;45:31–4.
4. Qiu X, Li P, Niu Q, Chen A, Ouyang P, Li C, et al. Influence of machining parameters and tool structure on cutting force and hole wall damage in drilling CFRP with stepped drills. *Int J Adv Manuf Technol* 2018;97(1):857–65.
5. Su F, Zheng L, Sun F, Wang Z, Deng Z, Qiu X. Novel drill bit based on the stepcontrol scheme for reducing the CFRP delamination. *J Mater Process Technol* 2018;262:157–67.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ. ТАБЛИЦЫ ПЕРЕМЕННЫХ В КОМПАС-3D

А.О.Проскурина, студент группы 10781, научный руководитель: Дронов А.А.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: antoninaproskurina@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассмотрено создание параметрической модели при помощи таблицы переменных, обеспечивающей автоматическое построение различных конфигураций данной модели.

Ключевые слова: параметризация, таблица переменных, параметрическая модель.

Зачастую при разработке трёхмерной модели какой-либо детали возникает потребность изменить её размеры или количество элементов, но при этом сохранить внешний вид (топологию). В этом случае рационально использовать функцию Компаса «Параметризация».

Отличительной особенностью параметрического режима построения изображений от обычного является наличие информации не только о расположениях и характеристиках геометрических объектов, но и о взаимосвязях между ними и наложенных ограничениях.

Под взаимосвязью подразумевается зависимость между параметрами нескольких объектов. При редактировании одного из взаимосвязанных параметров изменяются другие. Редактирование параметров одного объекта, не связанных с параметрами других объектов, ни на что не влияет. При удалении одного или нескольких объектов взаимосвязь исчезает.

Ограничение – это зависимость между параметрами отдельного объекта, равенство параметра объекта константе или принадлежность параметра определённому числовому диапазону. Допускается только такое редактирование объекта, в результате которого не будут нарушены установленные зависимости[1].